

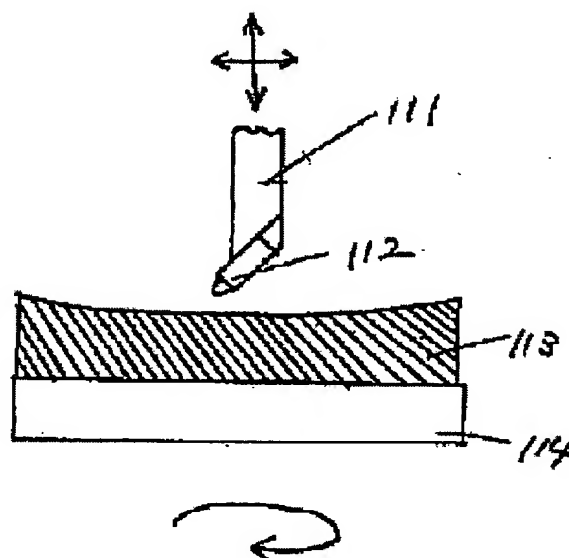
PRODUCTION OF MULTIPLE LIGHT SOURCE FORMING REFLECTION MIRROR AND OPTICAL DEVICE USING THIS REFLECTION MIRROR

Patent number: JP2000098110
Publication date: 2000-04-07
Inventor: HAMADA TAKAHARU; TAKINO HIDEO
Applicant: NIPPON KOGAKU KK
Classification:
- international: G03F7/20; G03F7/20; (IPC1-7): G02B5/10; G03F7/20; H01L21/027
- european: G03F7/20T14
Application number: JP19980268577 19980922
Priority number(s): JP19980268577 19980922

Report a data error here

Abstract of JP2000098110

PROBLEM TO BE SOLVED: To permit the production of an optical element having an intricate shapes consisting of multiple basic reflection surfaces with high accuracy and high working efficiency by cutting out part of formed prescribed curvilinear surfaces to a parallel plate shape, deforming parallel plates to a U shape and combining a multiplicity thereof under prescribed conditions. **SOLUTION:** The block of oxygen-free copper of a work 113 is fixed to a rotary work holder 114 and its surface is finished to the second prescribed curvilinear surface state the surface of which is determined by calculation by a diamond tool 112 held at a three-dimensionally precisely movable tool holder 111. The ground surface is polished, by which the reflection surface having the surface roughness below the prescribed surface roughness is obtained. The reflection mirror precursor is cut out by a milling cutter after the end of the polishing. This reflection mirror precursor is pressed to a working assisting implement (metal mold) of a cylindrical shape and is plastically deformed. The basic reflection mirror having an external shape of a circular shape may be obtained. This basic reflection mirror is assembled to prescribed arrangement.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-98110

(P2000-98110A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000. 4. 7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 2 B 5/10		G 0 2 B 5/10	C 2 H 0 4 2
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D 5 1 7

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

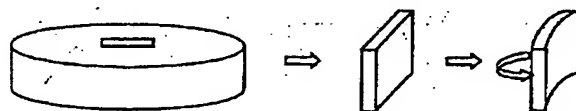
(21) 出願番号	特願平10-268577	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22) 出願日	平成10年9月22日 (1998. 9. 22)	(72) 発明者	濱田 隆治 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(72) 発明者	瀧野 日出雄 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		F ターム (参考)	2H042 DA01 DA02 DA10 DA11 DA18 DC02 DC08 DD01 DED0 5F046 AA05 AA07 AA08 BA05 CA04 CB02 CB23 CB24 CA03 GA04 GB01 GC04

(54) 【発明の名称】 多光源形成反射鏡の製造方法及び該反射鏡を用いた光学装置

(57) 【要約】

【解決すべき課題】 所定の面形状を繰り返し配列してなる、多光源形成反射鏡を製造する場合、所定の形状を有する基本反射鏡（要素反射素子）を個々に形成しても、切り出し時に変形してしまい、所定の面精度が得られなかった。それによって、スルーブットの良い、反射型の投影露光系を用いた半導体露光装置を実現することが出来なかった。本発明は、光利用効率の良い、多光源形成反射鏡を精度良く、安価に製造し、それによって、スルーブットの良い半導体露光装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 予め変形を考慮した平板プレートを、研磨された曲面より切り出し、これをU字型に変形させて、所定の反射面を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 の所定の曲面の一部を面形状とする基本反射面を繰り返し配置してなる多光源形成反射鏡の製造方法であって、該基本反射鏡の基材となる金属又は樹脂のブロックを被加工物として用意し、該被加工物を第 2 の所定の曲面を有してかつ所定の表面粗さ以下になるように加工し、形成された第 2 の所定の曲面の一部を平行プレート状に切り出し、該平行プレートを U 字型に変形させ、これを多数所定の条件に組み上げることとを特徴とする多光源形成反射鏡の製造方法。

【請求項 2】請求項 1 に記載の製造方法において、切り出された平行プレートが U 字型に変形された後で前記第 1 の所定の曲面になるように、被加工物を第 2 の所定の曲面に仕上げることを特徴とする多光源形成反射鏡。

【請求項 3】複数の反射鏡からなる反射型照明装置であって、請求項 1～2 のいずれかに記載の製造方法によって製造された多光源形成反射鏡を有することを特徴とする反射型照明装置。

【請求項 4】光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、該マスクを照明する照明装置、該マスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学装置、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置であって、請求項 3 に載の反射型照明装置を有し、該反射型照明装置の多光源形成反射鏡が有する基本反射面は前記投影光学装置の光学視野と相似形であることを特徴とする半導体露光装置。

【請求項 5】請求項 4 に載の半導体露光装置であって、該投影光学装置が複数の反射鏡からなる反射型投影光学装置であり、かつ該投影光学装置の光学視野が円弧状であることを特徴とする半導体露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射鏡の製造方法及び半導体製造装置に関するものであり、特に、微小な基本反射面の繰り返し配列により構成される反射面を有する反射鏡の製造方法、反射型照明装置、更にはその照明装置を用いた半導体露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、DRAM や MCP 等の半導体デバイスの製造においては、最小線幅をより狭くする開発研究が盛んに行われており、デザインルール 0.13 μm (4 G・DRAM 相当)、0.1 μm (16 G・DRAM 相当)、更には 0.07 μm (32 G・DRAM 相当) の実現に向けて種々の技術が開発されている。この最小線幅の問題と切っても切れない関係を有するのが、露光時に生じる光の回折現象であり、これに起因する、像や集光点のボケが必要な最小線幅を実現する時の最大の問題点である。この回折現象の影響を押さえるためには露光光学系の開口数 (N.A.: Numerical aperture) を大きくする必要があり、光学系の大口径化と波長の短波

長化が開発のポイントになっている。ところが、光の波長が短くなると、特に 200 nm 以下になると、加工が容易で、光吸収の少ない光学材料が見当たらなくなってくる。そこで、透過光学系を捨てて、反射光学系による投影光学系の開発がなされており、相当な成果を上げている。その中に、複数の反射鏡の組み合わせによって、軟 X 線に対して円弧状の光学視野 (露光領域として使用出来る領域) を実現し、マスクとウェハを投影縮小率比の相対速度で、互いに同期して移動させることによってチップ全体を露光しようとする方法がある。(例えば、Koichiro Hoh and Hiroshi Tanino; "Feasibility Study on the Extreme UV/Soft X-ray Projection-type Lithography", Bulletin of the Electrotechnical Laboratory Vol. 49, No.12, P.983-990, 1985, を参照

: 以後、参考文献 1 と記す)。ところで、最小線幅と並んで上記の様な半導体デバイス製造にとって重要な要素にいわゆるスループットがある。このスループットに関与する要因としては、光源の発光強度、照明系の効率、反射系に使用する反射鏡の反射率、ウェハ上の感光材料・レジストの感度等がある。現在、光源としては、ArF レーザー、F2 レーザー、更に短波長光の光源としてシンクロトロン放射光やレーザープラズマ光が開発されており、反射鏡に関しても、反射率を上げる多層膜からなる反射鏡の開発も急ピッチで行われ、実用化のレベルに近い (詳細は前述の参考文献 1、及び、Andrew M. Hawryluk et al; "Soft x-ray beamsplitters and highly dispersive multilayer mirrors for use as soft x-ray laser cavity component", SPIE Vol. 688

Multilayer Structure and Laboratory X-ray Laser Research (1986) P.81-90 及び、特開昭 63-312640 を参照: 以後、参考文献 2 と記す)。さて、照明系の技術開発であるが、要求される、一様照明性や開口数を実現する技術に関しては、例えば特開昭 60-232552 号公報に矩形形状の照明領域を対象とした技術が提案されている。しかし、上記投影系の様に投影光学系の視野が円弧上である場合、照明視野が矩形形状では光の利用効率が悪く、どうしても露光時間を短縮出来ず、従って、スループットが上がらなかった。最近、この問題を解決する方法として、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、これによって照明効率を上げ、スループットの問題を解決する方法が特願平 10-047400 に提案されている。この技術を図 5 を基に簡単に説明する。図 5 は投影露光装置の概要図であり、光源 1 より出た光は提案になる多光源形成反射鏡 2、コンデンサー光学素子 3 及び反射鏡 4 を経てマスクステージ 5 s 上に保持されたマスク 5 を照明する。マスク 5 には、ウェハステージ 7 s 上に保持されたウェハ上に描くべきパターンが反射体図形として形成されている。マスク上のパターンは 2、3、4 からなる反射型照明光学装置によって照明され、6 a、6 b、6 c、6

dからなる投影光学装置6を通じてウェハ7上に投影される。この時投影光学装置の光学視野は製作すべきデバイスチップ全体をカバー出来るほど広くはなく、マスク5とウェハ7を同期させて相対的に移動(スキャン)させながら露光を行うことによってチップ全体のパターンをウェハ上に形成する。このために、ステージの移動量を制御する、レーザー干渉距離計を含むマスクステージコントローラ8とウェハステージコントローラ9が備わっている。(このスキャンを伴う露光方式に関しては先の参考文献1を参照)。この際のポイントは、多光源形成反射鏡2をひとつ又は複数の微小な基本反射面の繰り返し配列により反射鏡を構成することであり、その基本反射面の外形状を投影光学装置の光学視野形状と相似形にすることである。これによって位置P2に多数の点光源像1がほぼ円形状に形成され、これがコンデンサー光学素子によって必要な照明視野を形成する。上記のような技術を用いると、マスク上の照明すべき領域を無駄なく一様に照明出来、露光時間の短縮が可能になって、高いスループットを有する半導体露光装置の実現が可能になる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記の様な、円弧状の照明視野を有する反射型照明光学装置用の多光源形成反射鏡、及びその基本反射面を実際に設計した結果を図6、7を用いて説明する。図6(a)に示すように、この多光源形成鏡は、3種類の基本反射面(A1、B1、C1)から構成されている。すなわち、図6(a)の多光源形成反射鏡の各列は、各基本反射面がA1、B1、C1、…の順に配列されている。図7(a)、(b)、(c)には、各基本反射面の形状を示す。これらの図に示すように各基本反射面は、曲率半径Rの凹の球面41に、図6(b)に示すようなYZ面に平行な円弧状帯(平均半径がZhの円の円弧状帯)を投影した形状になっている。この時投影する円弧の円の中心を球面の中心軸に合わせた場合の投影像がA1であり、円弧の中心を球面の軸に垂直にYhだけずらせた場合の投影像がB1、C1である。この投影像形状を切り出して基本反射面とする。いずれも、ほぼ円弧状になる。少なくともX方向より見れば完全な円弧状である。そしてB1、C1をそれぞれY軸方向に平行移動してA1と組み合わせていく。このようにして出来た反射鏡に例えばX方向より平行光線を入射させるとA1による点像が球面41の焦点に、B1による点像が焦点よりYhだけ横ずれして、C1による点像が焦点より-Yhだけ横ずれして形成される。ここで、例えば、基本反射面の、好適な実用的な設計解としては、凹球面の曲率半径Rは160~200mm、Zhは4.5~5.5mm、円弧の幅(円弧状帯の幅)は0.3~2mm、円弧の長さは4.5~5.5mm、Yhは約2.3~2.7mmとなり、更に表面粗さが $R_{rms} < 0.3\text{nm}$ である。

【0004】ところで、この様な多光源形成反射鏡を加工する場合、その表面粗さの観点や面形状の加工精度から考えて、まず、被加工物を第1の所定の曲面に仕上げておき、その曲面の所定の位置より基本反射面を切り出している。例えば、基板用の被加工物に、アルミ合金を用い、図1に示すように、被加工物113をワークホルダ114に保持して回転させ、バイトホルダ111によって保持されたダイヤモンドバイト112を使ったNC切削加工機により第1の所定の曲面に形状創成する。この後加工面を図2に示すように、被加工物をワークホルダ115に保持して回転させ、研磨皿116に貼り付けられたポリシャ117を揺動軸を揺動させて研磨することによって必要となる表面粗さ $R_{rms} < 0.3\text{nm}$ を満足させる。次に、本被加工物の一部を図8に示すようなワイヤ放電加工機により切り出し、これを張り合わせることによって、図6のような複雑な形状を基本反射面を有する多光源形成反射鏡を加工することができる。しかしながら、このように材料としてアルミニウムのような、切削が容易な金属材料を使用して加工しても、ワイヤ放電加工機によって、その曲面より所定の円弧状の反射要素素子を切り出すには膨大な時間が掛かり加工コストが莫大になる。また、切り出す平行プレートが薄いために切り出し中に、また切り出し後に変形してしまい、正しい形状に修正する必要があった。それゆえ、前記の照明装置を高精度に、安価に製造することが難しかった。

【0005】そこで、本発明はこのような課題を解決するべく考案したものであり、設計通りの反射面形状を有する多光源形成反射鏡を歩留まり良く製造できる製造方法を提供することを第1の目的にし、更には、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第2の目的にしている。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明では、第1の手段として、第1の所定の曲面の一部を面形状とする基本反射面を繰り返し配置してなる多光源形成反射鏡を製造する場合、該基本反射鏡の基材となる金属又は樹脂のブロックを被加工物として用意し、該被加工物を第2の所定の曲面を有し、かつ所定の表面粗さ以下になるように加工し、形成された第2の所定の曲面の一部を平行プレート状に切り出し、該平行プレートをU字型に変形させ、これを多数所定の条件に組み上げるようにした。これによって、薄い形状のプレートが若干変形しても正しい形状に必然的に修正されるし、平行プレートを切り出すのであるから、加工機として、切断機(例えば、フライスカッタ)を用いることが出来て、高速加工が可能になる。請求項1での、第1の所定の曲面は照明系の設計値より決められるものであり、第2の所定の曲面は、それほど精度が要求されない場合には第1の曲面と同じでよい。

【0007】第2の手段として、第1の手段を実施する際に、切り出された平行プレートがU字型に変形された後で前記第1の所定の曲面になるように、被加工物を第2の所定の曲面に仕上げるようにした。これによって、面精度が設計値通りである基本反射面が得られ、精度の良い、安価な多光源形成反射鏡が得られる。

【0008】第3の手段として、複数の反射鏡からなる反射型照明装置に上記第1～2の手段によって製造された多光源形成反射鏡を有するようにした。これによって、反射型照明装置の光利用効率が良くなり、コストも低減される。第4の手段として、光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、該マスクを照明する照明装置、該マスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学装置、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置に、上記第3の手段で得られた反射型照明装置を用い、その反射型照明装置の多光源形成反射鏡が有する基本反射面が前記投影光学装置の光学視野と相似形であるようにした。これによって、露光装置として、照明系と投影系の光学視野を合わせる事が出来、従って、光利用効率が各段に向上してスルーブットの高い半導体露光装置が得られる。

【0009】第5の手段として、第4の手段で得られる半導体露光装置に、投影光学装置が複数の反射鏡からなる反射型投影光学装置を用い、かつ投影光学装置の光学視野が円弧状であるようにした。これによって、157nmの波長を有するF2レーザーや軟X線を利用する半導体露光装置が得られる。なお、円弧状の投影系視野の利用は、少ない反射鏡数で、広い視野が得られることになっている。

【0010】

【発明の実施の形態】先にも記したように、本発明が対象とする基本反射鏡は反射面形状の精度が高く、表面粗さも極端に低いものでなければならず、しかも、外寸法的には極めて薄いものである。これを製作するための本発明の基本的な考え方は、切り出し工程での変形を修正する必要が有るのなら、加工しやすい平行プレート板状に基本反射鏡を切り出し、切り出し後、所定の形状に変形させることであり、さらにコストの面でさらに安価な加工法を得たいと、いうことである。

【0011】

【実施例】以下に、加工方法の実施例を示す。ここでは、基本反射面の、切り出すべき凹球面の曲率半径Rは180mm、Zhは5.0mm、円弧の幅(円弧状帯の幅)は1.0mm、円弧の長さは5.0mm、Yhは約2.5mmの場合を例にとる。基材用の材料としては無酸素銅を用いている。

【0012】まず、第2の所定の曲面の設計を行う。これには、所定の第1の曲面を反射面として有し、かつ円弧状の長さが5mmで、幅が1.0mmのニッケルを平行プレートに変形させた時の表面の曲面形状を有限要素

法や差分法等の数値解析によって求め、この曲面を第2の所定の曲面形状とする。次に、図1のように、被加工物113の無酸素銅のブロック(ワークという)を回転ワークホルダ114に固定し、3次元的に精密に移動可能な、バイトホルダ111に保持されたダイヤモンドバイト112によって、表面を計算で求めた第2の所定の曲面形状に仕上げる。研削された表面を図2に示すように研磨することによって、所定の表面粗さ以下の反射面を得る。研磨終了後、図3のように、フライスカッタ313によって、反射鏡前駆体312が切り出される。この反射鏡前駆体を図4のように、図示しない、半径5mmの円筒形の加工補助具(金型)に押し当てて塑性変形させる、いわゆるプレス加工によって、円弧状の外形を有する基本反射鏡を得る。なお、基材の弾性変形領域のままで使用できるが、その場合、光学素子の両端面に拘束が必要である。

【0013】この様に出来あがった基本反射鏡を所定の配置に組み上げると、図6のような複雑な形状を基本反射面を有する多光源形成反射鏡を加工することができる。この切り出された基本反射鏡の組み上げは、図9

(a)のように、基本反射鏡200の裏面に作りつけた調整用の部材(x1、y1、z1の基準面)201を同図(b)の多光源形成反射鏡基盤202に設けた基準部材(x2、y2、z2の基準面)203にはめ合わせることに容易に行える。

【0014】また、このように加工した面に対して、反射率を上げるために、F2レーザーを光源に使用する時のために、アルミニウム薄膜を約100nmの厚さに蒸着によって形成し、さらにその上に同一真空層内にて酸化防止と反射率の維持の観点よりMgF2を数十nmの厚さに蒸着により形成した。また、軟X線領域の光(電磁波)を使用する時のためには、SiとMoの多層膜による反射鏡(前述の参考文献、1、2を参照)を形成した。また、前記の反射鏡前駆体の切り出しには放電ワイヤ加工法を用いても良い。

【0015】また、PMMAやPCなどの樹脂を反射鏡の材料として用いる場合には、切り出した反射鏡前駆体に加熱した金型を押し当てて塑性変形させるようにする。これにより、反射鏡前駆体を容易に、且つ正確に塑性変形させることが出来る。上記多光源形成反射鏡を半導体露光装置に組み込むには、図5のように構成すれば良い。

【0016】以上のように本実施例では、球面の1部分である要素光学素子A1、B1、C1から構成される光学素子の加工方法を示した。しかし、本発明で加工できる光学素子はこれに限られない。たとえば、基本反射鏡の種類は、3種類よりも多くても、少なくとも良い。また、基本反射鏡は非球面の1部分であっても良い。

【0017】

【発明の効果】上述のように、本発明によって提供され

る加工方法により、多数の基本反射面からなる複雑形状の光学素子を高精度かつ高い加工効率で製造できる。また本製造方法により得られた光学素子は、半導体デバイス製造装置用の照明装置に好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の研削図

【図2】本発明の実施例の研磨図

【図3】本発明の実施例の切り出し法

【図4】本発明に係る光学素子の形成法

【図5】本発明に係る投影光学系

【図6】本発明に係る多光源形成反射鏡

【図7】本発明に係る基本反射面の形状

【図8】反射面の切り出し

【図9】組み上げ調整部材

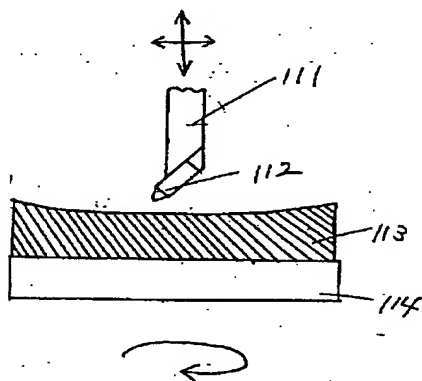
【符号の説明】

- 1 光源
2 多光源形成反射鏡
3 コンデンサー光学系
4 反射鏡
5 マスク、5 s マ 20
スクステージ
6 投影光学装置
7 ウェハ、7 s *

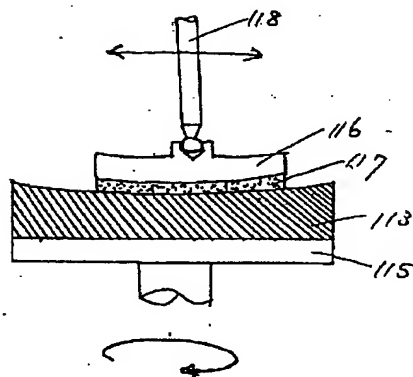
* ウェハステージ

- 8 マスクステージコントローラ
9 ウェハステージコントローラ
41 基本反射面を切り出す母体となる凹
球面
111 バイトホルダ
112 ダイヤモンドバイト
113 被加工物
114 ワークホルダ
10 115 ワークホルダ
116 研磨皿
117 ポリシャ
118 揺動軸
200 基本反射鏡
201 調整部材
202 多光源形成反射鏡の基盤
203 基準部材
310 被加工物
311 放電ワイヤ
312 基本反射面
313 フライスカッタ
410 切り出し面
A1、B1、C1 基本反射面

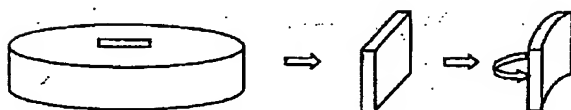
【図1】



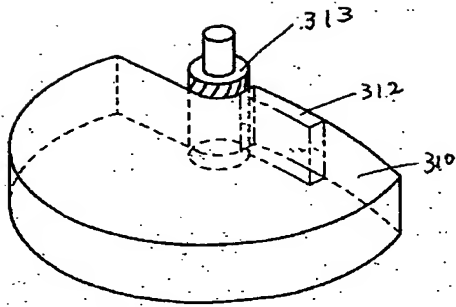
【図2】



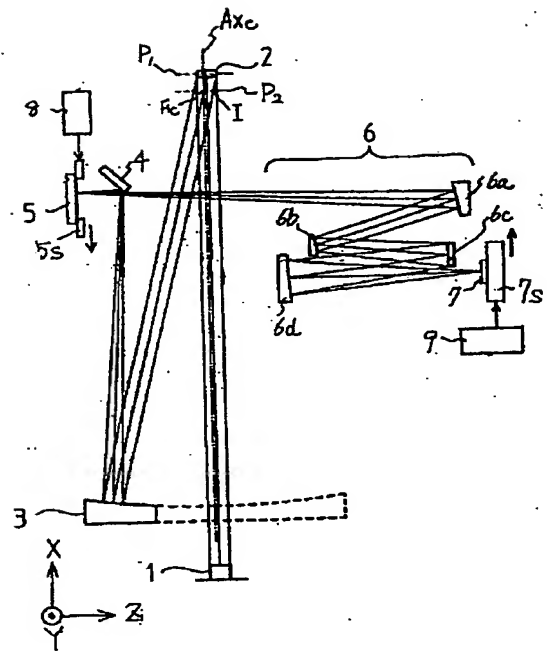
【図4】



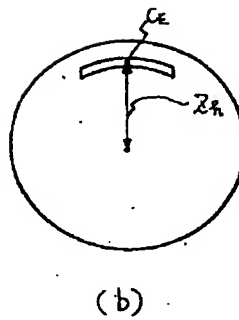
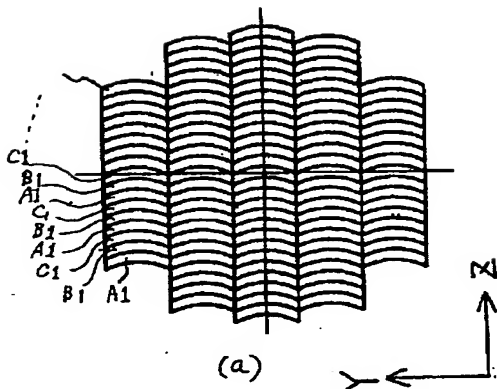
【図3】



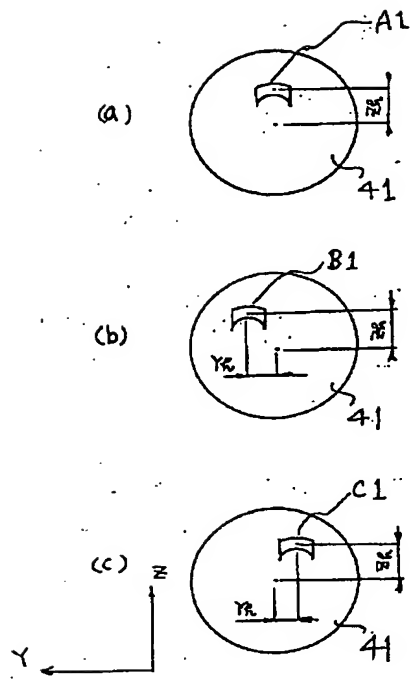
【図5】



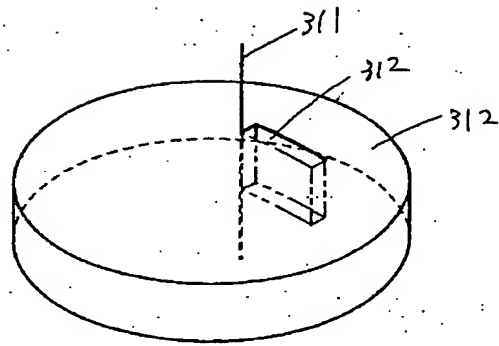
【図6】



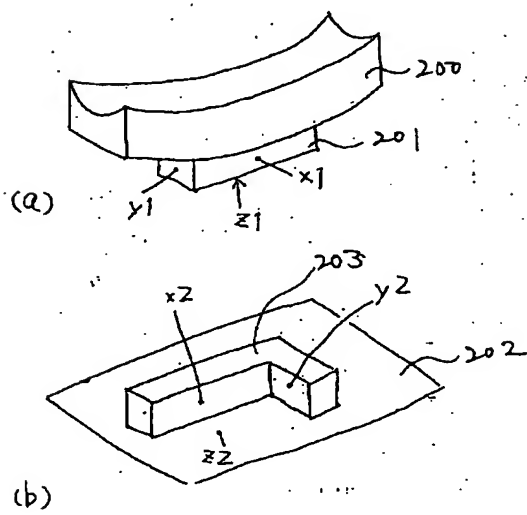
【図7】



【図8】



【図9】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)